

External electrodes for piezoceramic stack actuators

Patent number: EP1204152
Publication date: 2002-05-08
Inventor: BINDIG REINER (DE); SCHREINER HANS-JUERGEN DR (DE)
Applicant: CERAMTEC AG (DE)
Classification:
 - **international:** H01L41/047; H01L41/083
 - **european:** H01L41/047; H01L41/083
Application number: EP20010126097 20011102
Priority number(s): DE20001054735 20001106; DE20011052490 20011024

Also published as:

- US6798123 (B2)
- US2002089266 (A1)
- JP2002171004 (A)
- EP1204152 (A3)
- DE10152490 (A1)

Cited documents:

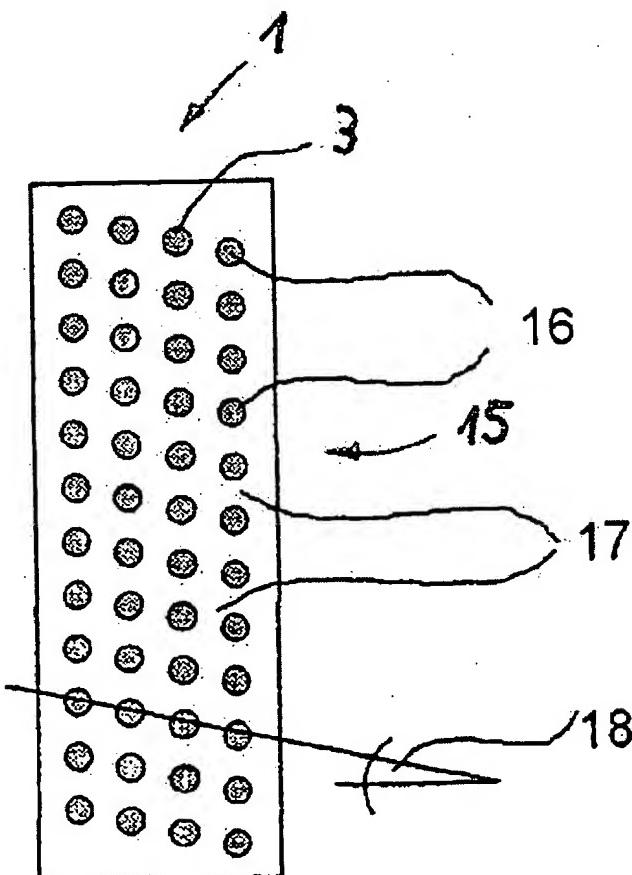
- DE19928178
- DE19860001
- DE3940619
- DE4224284
- US4523121
- [more >>](#)

[Report a data error here](#)

Abstract of EP1204152

Outer electrode consists of a layer of base metallization (3) applied to the ceramic material of the surface of an actuator (1). A reinforcing layer (4) is joined to the metallization layer using a connecting layer (8). The reinforcing layer is soldered to a connecting wire (5). The metallization layer is structured by recesses. An independent claim is also included for a process for the production of an outer electrode. Preferred Features: The structure of the base metallization consists of a printing pattern paste produced using a printing process. The paste has the composition: Ag_xPd_y (where, x + y = 1, and 1 x 0, preferably 1 x 0.7). The metallic material is nickel.

Fig. 4



BEST AVAILABLE COPY

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 204 152 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
08.05.2002 Patentblatt 2002/19

(51) Int Cl. 7: H01L 41/083, H01L 41/047

(21) Anmeldenummer: 01126097.3

(22) Anmeldetag: 02.11.2001

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: 06.11.2000 DE 10054735
24.10.2001 DE 10152490

(71) Anmelder: CeramTec AG Innovative Ceramic
Engineering
73207 Plochingen (DE)

(72) Erfinder:

- Bindig, Reiner
95463 Bindlach (DE)
- Schreiner, Hans-Jürgen, Dr.
91233 Neunkirchen am Sand-Rollhofen (DE)

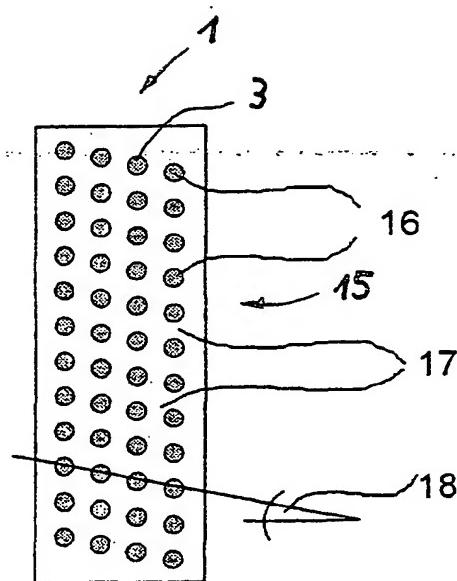
(74) Vertreter: Scherzberg, Andreas, Dr. et al
c/o DYNAMIT NOBEL AKTIENGESELLSCHAFT,
-Patente, Marken & Lizenzen-
53839 Troisdorf (DE)

(54) Aussenelektroden an piezokeramischen Vielschichtaktoren

(57) Bei Außenelektroden an piezokeramischen Vielschichtaktoren, die in herkömmlicher Weise an die Vielschichtaktoren angebracht werden, wirken während des Betriebs starke Zugspannungen auf den Isolierbereich unter der Grundmetallisierung. Da dieser Isolierbereich zusammen mit der Grundmetallisierung und der Verbindungsschicht eine homogene Einheit bildet, versagt diese beim Überschreiten der Zugfestigkeit des schwächsten Gliedes und es bilden sich Risse. Die unkontrolliert durch den Isolierbereich verlaufenden Risse sind sehr kritisch, da sie den Isolationsabstand verringern und die Wahrscheinlichkeit eines Aktorausfalls durch Überschläge stark erhöhen.

Erfindungsgemäß wird deshalb vorgeschlagen, dass die Schicht der Grundmetallisierung (3) durch Unterbrechungen oder Ausnehmungen (17) strukturiert (15) ist.

Fig. 4



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft die Außenelektroden an piezokeramischen Vielschichtaktoren sowie ein Verfahren zu ihrer Herstellung.

[0002] Der Aufbau und die Herstellung von Aktoren und ihren Außenelektroden wird unter anderem ausführlich beschrieben in DE 33 30538 A1, DE 40 36 287 C2, US 5 281 885, US 4 845 399, US 5 406 164 und JP 07-226541 A.

[0003] Ein piezokeramischer Vielschichtaktor ist schematisch in Figur 1 dargestellt. Die Figur 2 zeigt in einem vergrößerten Ausschnitt den Aufbau der Außenelektrode nach dem Stand der Technik und die Figur 3 einen typischen Rissverlauf nach 10^6 Belastungszyklen in dem keramischen Werkstoff unter einer Außenelektrode nach dem Stand der Technik. Piezokeramische Vielschichtaktoren 1 werden als Monolithen ausgeführt, das heißt, sie bestehen aus gestapelten dünnen Schichten 2 piezoelektrisch aktiven Materials, beispielsweise Blei-Zirkonat-Titanat (PZT), mit dazwischen angeordneten leitfähigen Innenelektroden 7, die alternierend an die Aktoroberfläche geführt werden. Das aktive Material wird als sogenannte Grün-Folie vor dem Sintern durch ein Siebdruckverfahren mit Innenelektroden 7 versehen, zu einem Stapel verpresst, pyrolysiert und dann gesintert, wodurch ein monolithischer Vielschichtaktor 1 entsteht.

[0004] Außenelektroden 3, 4, 8 verbinden die Innenelektroden 7. Dadurch werden die Innenelektroden 7 jeweils auf einer Seite des Aktors 1 elektrisch parallel geschaltet und so zu einer Gruppe zusammengefasst. Die Außenelektroden 3, 4 sind die Anschlusspole des Aktors. Wird eine elektrische Spannung an die Anschlusspole gelegt, so wird diese auf alle Innenelektroden 7 parallel übertragen und verursacht ein elektrisches Feld in allen Schichten des aktiven Materials, das sich dadurch mechanisch verformt. Die Summe aller dieser mechanischen Verformungen steht an den Endflächen des Aktors als nutzbare Dehnung 6 und/oder Kraft zur Verfügung.

[0005] Die Außenelektroden 3, 4, 8 an den piezokeramischen Vielschichtaktoren 1 sind wie folgt aufgebaut: Auf die zu einem Stapel gepressten dünnen Schichten 2 des piezoelektrisch aktiven Materials wird im Bereich der herausgeführten Innenelektroden 10, beispielsweise durch galvanische Verfahren oder Siebdruck von Metallpaste, eine Grundmetallisierung 3 aufgebracht. Diese Grundmetallisierung 3 wird durch eine weitere Schicht 4 aus einem metallischen Werkstoff verstärkt, beispielsweise durch ein strukturiertes Blech oder ein Drahtnetz. Die Verbindung der Verstärkungsschicht 4 mit der Grundmetallisierung 3 erfolgt beispielsweise mittels einer Lotschicht 8. An die Verstärkungsschicht 4 wird der elektrische Anschlussdraht 5 gelötet.

[0006] Derart aufgebaute Außenelektroden weisen einen gravierenden Nachteil auf. Während des Betriebes wirken auf den Isolierbereich 11, der unter der

Grundmetallisierung 3 liegt, starke Zugspannungen. Da dieser Isolierbereich 11 zusammen mit der Grundmetallisierung 3 und der Verbindungsschicht 8, in der Regel eine Lotschicht, eine homogene Einheit bildet, versagt 5 diese beim Überschreiten der Zugfestigkeit des schwächsten Gliedes und es bilden sich Risse. Die Risse laufen gewöhnlich von der spröden und wenig zugfesten Grundmetallisierung 3 in den Isolierbereich 11 und werden dort von Bereichen mit hohen Zugspannungen eingefangen, bevorzugt an den Elektrodenspitzen 9 der nicht die Grundmetallisierung 3 berührenden Elektroden 12, oder sie beginnen in den Bereichen maximaler Zugspannung an den Elektrodenspitzen 9 und verlaufen in Richtung Grundmetallisierung 3. Diese typischen Risse 14 sind in Fig. 3 dargestellt.

[0007] Die Ausbreitung eines Risses 13 entlang einer die Grundmetallisierung 3 berührenden Innenelektrode 10 ist als unkritisch einzustufen, da ein solcher Rissverlauf die Funktion des Aktors nicht beeinträchtigt. Risse 20 14 dagegen, die unkontrolliert durch den Isolierbereich 11 verlaufen, sind sehr kritisch, da sie den Isolationsabstand verringern und die Wahrscheinlichkeit eines Aktorausfalls durch Überschläge stark erhöhen.

[0008] Problemlösungen werden zum Beispiel in den 25 Patentanmeldungen DE 198 60 001 A1, DE 394 06 19 A1, DE 196 05 214 A1 beschrieben. Es wird dort vorgeschlagen, den Bereich zwischen einer nicht die Grundmetallisierung berührenden Elektrode und der Grundmetallisierung mit einem Füllmaterial geringer Zugfestigkeit oder einem Hohlraum zu versehen. Die wesentlichen Nachteile dieser Vorgehensweise sind darin zu sehen, dass das Füllmaterial mit einem zusätzlichen, komplexen Verfahrensschritt aufgebracht werden muss, dass das Füllmaterial unvermeidbar die Eigenschaften der Aktors negativ beeinflusst und im Falle der eingebrachten Hohlräume diese in einem weiteren Verfahrensschritt vor dem Aufbringen der Grundmetallisierung wieder geschlossen werden müssen.

[0009] Eine andere Problemlösung wird in DE 199 28 40 178 A1 vorgeschlagen. Hier wird der monolithische Aufbau in kleine Teilebereiche zerlegt und alternierend mit inaktiven, elektrodenfreien Bereichen wieder aufgebaut. Hierbei soll innerhalb eines aktiven Bereiches die maximal mögliche Zugspannung unterhalb des zur Rissbildung notwendigen Wertes bleiben. Das Verfahren ist fertigungstechnisch schwierig und führt nicht zur notwendigen Reduktion der Spannungen im Isolierbereich, so dass immer eine latente Rissgefahr bestehen bleibt.

[0010] Aufgabe der Erfindung ist es, die Außenelektroden an Vielschichtaktoren so zu gestalten, dass die Ursachen zur Rissbildung in den Aktoren möglichst vermieden werden und dass beim Auftreten von Rissen deren Verlauf so gesteuert wird, dass er nicht zur Zerstörung der Aktoren führt.

[0011] Die Lösung der Aufgabe erfolgt erfindungsgemäß dadurch, dass die Grundmetallisierung der Außenelektrode nicht mehr eine geschlossene Fläche bildet,

sondern strukturiert ist, wobei die Strukturierung durch Unterbrechungen oder Ausnehmungen gebildet wird. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung werden in den abhängigen Ansprüchen beansprucht.

[0012] Durch die Strukturierung der Grundmetallisierung in der Außenelektrode wird die Steifigkeit des Verbundes, bestehend aus Keramikoberfläche, Grundmetallisierung und Verbindungsschicht, insgesamt herabgesetzt, wodurch bei auftretenden Rissen Vorzugsrichtungen für die Rissausbreitung erzeugt werden. Die Strukturierung bewirkt, dass die mechanische Rückwirkung der Außenelektrode auf den Aktor und damit auch der Risseintrag verringert wird, ohne die Haftfestigkeit der Außenelektrode und die sichere Kontaktierung der Innenelektroden zu gefährden.

[0013] Die durch die Strukturierung der Grundmetallisierung müssen allerdings Flächen verbleiben, die mindestens so groß sind, dass jeweils benachbarte Innenelektroden durch mindestens eine Fläche miteinander verbunden sind.

[0014] Weiterhin entstehen durch die Unterbrechung der Grundmetallisierung in der Außenelektrode an der Aktoroberfläche Bereiche, in denen zwischen der Verbindungsschicht, die die Verstärkungsschicht mit der Grundmetallisierung verbindet, insbesondere bei einer Lotschicht, und den nach außen führenden Innenelektroden eine Wechselwirkung stattfindet. Durch die Unterbrechungen in der Struktur der Grundmetallisierung kann beim Auflöten der Verstärkungsschicht Metall aus dem Lot in die Innenelektroden einliegen werden. Die Folge ist, dass die Isolierbereiche an diesen Stellen geschwächt werden, wodurch Vorzugsstellen für mögliche Rissbildungen und den Rissverlauf entstehen. Durch die Steuerung von Lötzeit und Löttemperatur kann der Eindringeffekt so eingestellt werden, dass beim späteren Betrieb des Aktors nahezu jede Innenelektrode zur Leitfläche für einen entstehenden Riss wird. Das Gefüge des Isolierbereichs wird dadurch maximal entspannt, die Risse bleiben ungefährlich; es können sich keine Risse mehr bilden, die durch den Keramikwerkstoff verlaufen. Zur Durchführung im Fertigungsprozess wird kein zusätzlicher Verfahrensschritt benötigt. Aufgrund der geringen Prozesstemperatur beim Löten wird der Keramikwerkstoff nicht geschädigt.

[0015] Bei Vielschichtaktoren mit der erfindungsgemäß strukturierten Grundmetallisierung erfolgt deshalb eine Rissbildung ausschließlich entlang der nach außen führenden Innenelektroden, die vorteilhaft unkritisch ist, weil sie die Funktion des Aktors nicht beeinträchtigt.

[0016] Anhand von Ausführungsbeispielen wird die Erfindung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 4 eine Grundmetallisierung, die mittels Siebdruck mit einer Terminierungspaste erzeugt worden ist, mit einer erfindungsgemäß Struktur aus einzelnen Punkten,

Fig. 5 mit einer erfindungsgemäß Struktur aus ein-

zelnen Linien,

5 Fig. 6 mit einer erfindungsgemäß netzartigen Struktur und

10 Fig. 7 mit einer erfindungsgemäß Struktur, die aus einer vollflächig gedruckten Metallisierung durch mechanisches Abtragen herausgearbeitet worden ist.

15 [0017] Der schematische Aufbau der hier eingesetzten Vielschichtaktoren entspricht dem in Figur 1 dargestellten. Die erfindungsgemäßen Außenelektroden unterscheiden sich von der in den Figuren 2 und 3 dargestellten Außenelektrode durch die Strukturierung der Grundmetallisierung.

20 [0018] Die erfindungsgemäß Strukturierung der Grundmetallisierung wurde an fünf Ausführungsbeispielen geprüft. Dazu wurden zunächst Grundkörper von Vielschichtaktoren entsprechend Figur 1 hergestellt, auf denen in unterschiedlichen Mustern die Grundmetallisierung aufgebracht wurde. Danach wurden die Außenelektroden der Aktoren vervollständigt.

25 [0019] Die Herstellung von Grundkörpern der Aktoren erfolgt wie nachstehend beschrieben: Aus einem niedrig sinternden piezokeramischen Werkstoff, Bindersystem eine 125 µm dicke Folie präpariert. Auf diese Folie wird eine Innenelektrodenpaste aus Silber-Palladium-Pulver in einem Gewichtsverhältnis von 70/30 und einem geeigneten Bindersystem mittels Siebdruck aufgebracht. Eine Vielzahl derartiger Folien wird gestapelt und zu einem Laminat verpresst. Das Laminat wird in einzelne, stabförmige, Aktoren getrennt, diese werden bei etwa 400 °C pyrolysiert und bei etwa 1100 °C gesintert. Anschließend werden die Aktorgrundkörper an allen Seiten mechanisch bearbeitet.

30 [0020] Die Grundmetallisierung 3, beispielsweise aus einer geeigneten Silber-Palladium-Terminierungspaste, wird mittels Siebdruck aufgebracht; wobei dadurch eine Struktur 15 entsteht, dass die bedruckten Flächen 16 von unbedruckten Flächen 17 unterbrochen sind, wie es in den Figuren 4 bis 6 dargestellt ist. Anschließend erfolgt der Einbrennprozess. Das entstehende punkt-, linien- oder netzartige Raster 15 aus bedruckten Flächen 16 soll so fein wie möglich sein, wobei sichergestellt sein muss, dass jeweils benachbarte Innenelektroden 10, die entsprechend Figur 2 an die Oberfläche des Aktors 1 führen, durch mindestens eine aufgedruckte Fläche 16 miteinander verbunden werden. Um das zu erreichen ist es sinnvoll, das Raster 15 unter einem Winkel, in den Figuren 4 bis 6 mit 18 gekennzeichnet, gegenüber der Richtung der Innenelektroden 10 verlaufen zu lassen. Wird die Struktur zu fein, so sinkt die Festigkeit des Verbundes zur später aufgebrachten Verstärkungsschicht, beispielsweise einer aufgelöten Netzelektrode. Bei einem Abstand der Innenelektroden 10 von 100 µm hat sich als besonders vorteilhaft ein bedruckter Bereich 16 der Grundmetallisierung 3 von 0,2

35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160 165 170 175 180 185 190 195 200 205 210 215 220 225 230 235 240 245 250 255 260 265 270 275 280 285 290 295 300 305 310 315 320 325 330 335 340 345 350 355 360 365 370 375 380 385 390 395 400 405 410 415 420 425 430 435 440 445 450 455 460 465 470 475 480 485 490 495 500 505 510 515 520 525 530 535 540 545 550 555 560 565 570 575 580 585 590 595 600 605 610 615 620 625 630 635 640 645 650 655 660 665 670 675 680 685 690 695 700 705 710 715 720 725 730 735 740 745 750 755 760 765 770 775 780 785 790 795 800 805 810 815 820 825 830 835 840 845 850 855 860 865 870 875 880 885 890 895 900 905 910 915 920 925 930 935 940 945 950 955 960 965 970 975 980 985 990 995 1000 1005 1010 1015 1020 1025 1030 1035 1040 1045 1050 1055 1060 1065 1070 1075 1080 1085 1090 1095 1100 1105 1110 1115 1120 1125 1130 1135 1140 1145 1150 1155 1160 1165 1170 1175 1180 1185 1190 1195 1200 1205 1210 1215 1220 1225 1230 1235 1240 1245 1250 1255 1260 1265 1270 1275 1280 1285 1290 1295 1300 1305 1310 1315 1320 1325 1330 1335 1340 1345 1350 1355 1360 1365 1370 1375 1380 1385 1390 1395 1400 1405 1410 1415 1420 1425 1430 1435 1440 1445 1450 1455 1460 1465 1470 1475 1480 1485 1490 1495 1500 1505 1510 1515 1520 1525 1530 1535 1540 1545 1550 1555 1560 1565 1570 1575 1580 1585 1590 1595 1600 1605 1610 1615 1620 1625 1630 1635 1640 1645 1650 1655 1660 1665 1670 1675 1680 1685 1690 1695 1700 1705 1710 1715 1720 1725 1730 1735 1740 1745 1750 1755 1760 1765 1770 1775 1780 1785 1790 1795 1800 1805 1810 1815 1820 1825 1830 1835 1840 1845 1850 1855 1860 1865 1870 1875 1880 1885 1890 1895 1900 1905 1910 1915 1920 1925 1930 1935 1940 1945 1950 1955 1960 1965 1970 1975 1980 1985 1990 1995 2000 2005 2010 2015 2020 2025 2030 2035 2040 2045 2050 2055 2060 2065 2070 2075 2080 2085 2090 2095 2100 2105 2110 2115 2120 2125 2130 2135 2140 2145 2150 2155 2160 2165 2170 2175 2180 2185 2190 2195 2200 2205 2210 2215 2220 2225 2230 2235 2240 2245 2250 2255 2260 2265 2270 2275 2280 2285 2290 2295 2300 2305 2310 2315 2320 2325 2330 2335 2340 2345 2350 2355 2360 2365 2370 2375 2380 2385 2390 2395 2400 2405 2410 2415 2420 2425 2430 2435 2440 2445 2450 2455 2460 2465 2470 2475 2480 2485 2490 2495 2500 2505 2510 2515 2520 2525 2530 2535 2540 2545 2550 2555 2560 2565 2570 2575 2580 2585 2590 2595 2600 2605 2610 2615 2620 2625 2630 2635 2640 2645 2650 2655 2660 2665 2670 2675 2680 2685 2690 2695 2700 2705 2710 2715 2720 2725 2730 2735 2740 2745 2750 2755 2760 2765 2770 2775 2780 2785 2790 2795 2800 2805 2810 2815 2820 2825 2830 2835 2840 2845 2850 2855 2860 2865 2870 2875 2880 2885 2890 2895 2900 2905 2910 2915 2920 2925 2930 2935 2940 2945 2950 2955 2960 2965 2970 2975 2980 2985 2990 2995 3000 3005 3010 3015 3020 3025 3030 3035 3040 3045 3050 3055 3060 3065 3070 3075 3080 3085 3090 3095 3100 3105 3110 3115 3120 3125 3130 3135 3140 3145 3150 3155 3160 3165 3170 3175 3180 3185 3190 3195 3200 3205 3210 3215 3220 3225 3230 3235 3240 3245 3250 3255 3260 3265 3270 3275 3280 3285 3290 3295 3300 3305 3310 3315 3320 3325 3330 3335 3340 3345 3350 3355 3360 3365 3370 3375 3380 3385 3390 3395 3400 3405 3410 3415 3420 3425 3430 3435 3440 3445 3450 3455 3460 3465 3470 3475 3480 3485 3490 3495 3500 3505 3510 3515 3520 3525 3530 3535 3540 3545 3550 3555 3560 3565 3570 3575 3580 3585 3590 3595 3600 3605 3610 3615 3620 3625 3630 3635 3640 3645 3650 3655 3660 3665 3670 3675 3680 3685 3690 3695 3700 3705 3710 3715 3720 3725 3730 3735 3740 3745 3750 3755 3760 3765 3770 3775 3780 3785 3790 3795 3800 3805 3810 3815 3820 3825 3830 3835 3840 3845 3850 3855 3860 3865 3870 3875 3880 3885 3890 3895 3900 3905 3910 3915 3920 3925 3930 3935 3940 3945 3950 3955 3960 3965 3970 3975 3980 3985 3990 3995 4000 4005 4010 4015 4020 4025 4030 4035 4040 4045 4050 4055 4060 4065 4070 4075 4080 4085 4090 4095 4100 4105 4110 4115 4120 4125 4130 4135 4140 4145 4150 4155 4160 4165 4170 4175 4180 4185 4190 4195 4200 4205 4210 4215 4220 4225 4230 4235 4240 4245 4250 4255 4260 4265 4270 4275 4280 4285 4290 4295 4300 4305 4310 4315 4320 4325 4330 4335 4340 4345 4350 4355 4360 4365 4370 4375 4380 4385 4390 4395 4400 4405 4410 4415 4420 4425 4430 4435 4440 4445 4450 4455 4460 4465 4470 4475 4480 4485 4490 4495 4500 4505 4510 4515 4520 4525 4530 4535 4540 4545 4550 4555 4560 4565 4570 4575 4580 4585 4590 4595 4600 4605 4610 4615 4620 4625 4630 4635 4640 4645 4650 4655 4660 4665 4670 4675 4680 4685 4690 4695 4700 4705 4710 4715 4720 4725 4730 4735 4740 4745 4750 4755 4760 4765 4770 4775 4780 4785 4790 4795 4800 4805 4810 4815 4820 4825 4830 4835 4840 4845 4850 4855 4860 4865 4870 4875 4880 4885 4890 4895 4900 4905 4910 4915 4920 4925 4930 4935 4940 4945 4950 4955 4960 4965 4970 4975 4980 4985 4990 4995 5000 5005 5010 5015 5020 5025 5030 5035 5040 5045 5050 5055 5060 5065 5070 5075 5080 5085 5090 5095 5100 5105 5110 5115 5120 5125 5130 5135 5140 5145 5150 5155 5160 5165 5170 5175 5180 5185 5190 5195 5200 5205 5210 5215 5220 5225 5230 5235 5240 5245 5250 5255 5260 5265 5270 5275 5280 5285 5290 5295 5300 5305 5310 5315 5320 5325 5330 5335 5340 5345 5350 5355 5360 5365 5370 5375 5380 5385 5390 5395 5400 5405 5410 5415 5420 5425 5430 5435 5440 5445 5450 5455 5460 5465 5470 5475 5480 5485 5490 5495 5500 5505 5510 5515 5520 5525 5530 5535 5540 5545 5550 5555 5560 5565 5570 5575 5580 5585 5590 5595 5600 5605 5610 5615 5620 5625 5630 5635 5640 5645 5650 5655 5660 5665 5670 5675 5680 5685 5690 5695 5700 5705 5710 5715 5720 5725 5730 5735 5740 5745 5750 5755 5760 5765 5770 5775 5780 5785 5790 5795 5800 5805 5810 5815 5820 5825 5830 5835 5840 5845 5850 5855 5860 5865 5870 5875 5880 5885 5890 5895 5900 5905 5910 5915 5920 5925 5930 5935 5940 5945 5950 5955 5960 5965 5970 5975 5980 5985 5990 5995 6000 6005 6010 6015 6020 6025 6030 6035 6040 6045 6050 6055 6060 6065 6070 6075 6080 6085 6090 6095 6100 6105 6110 6115 6120 6125 6130 6135 6140 6145 6150 6155 6160 6165 6170 6175 6180 6185 6190 6195 6200 6205 6210 6215 6220 6225 6230 6235 6240 6245 6250 6255 6260 6265 6270 6275 6280 6285 6290 6295 6300 6305 6310 6315 6320 6325 6330 6335 6340 6345 6350 6355 6360 6365 6370 6375 6380 6385 6390 6395 6400 6405 6410 6415 6420 6425 6430 6435 6440 6445 6450 6455 6460 6465 6470 6475 6480 6485 6490 6495 6500 6505 6510 6515 6520 6525 6530 6535 6540 6545 6550 6555 6560 6565 6570 6575 6580 6585 6590 6595 6600 6605 6610 6615 6620 6625 6630 6635 6640 6645 6650 6655 6660 6665 6670 6675 6680 6685 6690 6695 6700 6705 6710 6715 6720 6725 6730 6735 6740 6745 6750 6755 6760 6765 6770 6775 6780 6785 6790 6795 6800 6805 6810 6815 6820 6825 6830 6835 6840 6845 6850 6855 6860 6865 6870 6875 6880 6885 6890 6895 6900 6905 6910 6915 6920 6925 6930 6935 6940 6945 6950 6955 6960 6965 6970 6975 6980 6985 6990 6995 7000 7005 7010 7015 7020 7025 7030 7035 7040 7045 7050 7055 7060 7065 7070 7075 7080 7085 7090 7095 7100 7105 7110 7115 7120 7125 7130 7135 7140 7145 7150 7155 7160 7165 7170 7175 7180 7185 7190 7195 7200 7205 7210 7215 7220 7225 7230 7235 7240 7245 7250 7255 7260 7265 7270 7275 7280 7285 7290 7295 7300 7305 7310 7315 7320 7325 7330 7335 7340 7345 7350 7355 7360 7365 7370 7375 7380 7385 7390 7395 7400 7405 7410 7415 7420 7425 7430 7435 7440 7445 7450 7455 7460 7465 7470 7475 7480 7485 7490 7495 7500 7505 7510 7515 7520 7525 7530 7535 7540 7545 7550 7555 7560 7565 7570 7575 7580 7585 7590 7595 7600 7605 7610 7615 7620 7625 7630 7635 7640 7645 7650 7655 7660 7665 7670 7675 7680 7685 7690 7695 7700 7705 7710 7715 7720 7725 7730 7735 7740 7745 7750 7755 7760 7765 7770 7775 7780 7785 7790 7795 7800 7805 7810 7815 7820 7825 7830 7835 7840 7845 7850 7855 7860 7865 7870 7875 7880 7885 7890 7895 7900 7905 7910 7915 7920 7925 7930 7935 7940 7945 7950 7955 7960 7965 7970 7975 7980 7985 7990 7995 8000 8005 8010 8015 8020 8025 8030 8035 8040 8045 8050 8055 8060 8065 8070 8075 8080 8085 8090 8095 8100 8105 8110 8115 8120 8125 8130 8135 8140 8145 8150 8155 8160 8165 8170 8175 8180 8185 8190 8195 8200 8205 8210 8215 8220 8225 8230 8235 8240 8245 8250 8255 8260 8265 8270 8275 8280 8285 8290 8295 8300 8305 8310 8315 8320 8325 8330 8335 8340 8345 8350 8355 8360 8365 8370 8375 8380 8385 8390 8395 8400 8405 8410 8415 8420 8425 8430 8435 8440 8445 8450 8455 8460 8465 8470 8475 8480 8485 8490 8495 8500 8505 8510 8515 8520 8525 8530 8535 8540 8545 8550 8555 8560 8565 8570 8575 8580 8585 8590 8595 8600 8605 8610 8615 8620 8625 8630 8635 8640 8645 8650 8655 8660 8665 8670 8675 8680 8685 8690 8695 8700 8705 8710 8715 8720 8725 8730 8735 8740 8745 8750 8755 8760 8765 8770 8775 8780 8785 8790 8795 8800 8805 8810 8815 8820 8825 8830 8835 8840 8845 8850 8855 8860 8865 8870 8875 8880 8885 8890 8895 8900 8905 8910 8915 8920 8925 8930 8935 8940 8945 8950 8955 8960 8965 8970 8975 8980 8985 8990 8995 9000 9005 9010 9015 9020 9025 9030 9035 9040 9045 9050 9055 9060 9065 9070 9075 9080 9085 9090 9095 9100 9105 9110 9115 9120 9125 9130 9135 9140 9145 9150 9155 9160 9165 9170 9175 9180 9185 9190 9195 9200 9205 9210 9215 9220 9225 9230 9235 9240 9245 9250 9255 9260 9265 9270 9275 9280 9285 9290 9295 9300 9305 9310 9315 932

bis 0,3 mm mit gleich großen Unterbrechungen 17 erwiesen.

[0021] Die Grundmetallisierung kann auch durch örtliches mechanisches Abtragen einer ganzflächig aufgetragenen Schicht strukturiert werden, beispielsweise durch Einsägen oder Einritzen. Die Struktur kann weiterhin durch einen elektrochemischen Prozess erzeugt werden, wobei die Tatsache genutzt wird, dass elektrochemisch abgeschiedene Metalle porös sind. Eine derart erzeugte Struktur 15 ist in Figur 7 dargestellt.

[0022] Nach dem Einbrennen der Grundmetallisierung werden die Außenelektroden durch die Verstärkungsschicht vervollständigt, beispielsweise durch das Auflöten eines Metalldraht-Netzes. Anschließend können die Aktoren polarisiert und ihre Eigenschaften gemessen werden.

[0023] Nachstehend werden Proben von vier Ausführungsbeispielen mit erfundungsgemäßen Außenelektroden mit Proben mit Außenelektroden nach dem Stand der Technik verglichen.

[0024] Die Aktorgrundkörper der Proben, die entsprechend dem oben beschriebenen Verfahren hergestellt worden sind, haben Abmessungen von 10 x 10 mm² Grundfläche und 30 mm Höhe. Die Dicke einer Keramikeinzellage beträgt nach dem Sintern 100 µm, die Dicke einer Innenmetallisierungsschicht 2 µm. Die Aktorgrundkörper werden wie folgt weiterbehandelt:

[0025] Für Aktoren nach dem Stand der Technik als Referenz wird die Grundmetallisierung 3 aus einer geeigneten AgPd Terminierungspaste mittels Siebdruck aufgebracht, wobei keine Struktur erzeugt wird. Die Schicht ist gleichmäßig dick, die Schichtdicke beträgt 8 µm nach dem Einbrennen bei 800 °C.

[0026] Für das erste Ausführungsbeispiel wird die Grundmetallisierung 3 aus einer geeigneten AgPd Terminierungspaste mittels Siebdruck aufgebracht, wobei eine rasterartige Struktur 15 aus runden Punkten 16 erzeugt wird, vergleichbar dem Muster in Figur 4. Der Punkt Durchmesser beträgt 0,2 mm, der Freiraum 17 zwischen zwei Punkten ebenfalls 0,2 mm. Das Raster 15 ist unter einem Winkel 18 von 20° zur Richtung der Innenelektroden 10 geneigt, so dass jeweils benachbarte Innenelektroden 10 durch mindestens eine aufgedrückte Fläche 16 miteinander verbunden werden. Die Schicht der Punkte ist gleichmäßig dick, die Schichtdicke beträgt 9 µm nach dem Einbrennen bei 800 °C.

[0027] Für das zweite Ausführungsbeispiel wird die Grundmetallisierung 3 aus einer geeigneten AgPd Terminierungspaste mittels Siebdruck aufgebracht, wobei eine linienartige Struktur 15 erzeugt wird, vergleichbar dem Muster in Figur 5. Die Breite der Linien 16 beträgt 0,2 mm, der Abstand 17 zwischen zwei Linien beträgt ebenfalls 0,2 mm. Die Linien 16 sind, wie beim ersten Ausführungsbeispiel, unter einem Winkel 18 gegenüber der Richtung der Innenelektroden 10 geneigt. Die Schicht der Linienstruktur 15 ist gleichmäßig dick, die Schichtdicke beträgt 9 µm nach dem Einbrennen bei 800 °C.

[0028] Für das dritte Ausführungsbeispiel wird die Grundmetallisierung 3 aus einer geeigneten AgPd Terminierungspaste mittels Siebdruck aufgebracht, wobei keine Struktur erzeugt wird. Die Schicht ist gleichmäßig dick, die Schichtdicke beträgt 8 µm nach dem Einbrennen bei 800 °C. In der Grundmetallisierung 3 wird ein Raster 15 aus Quadraten 16 erzeugt, indem mittels einer Diamantsäge die Schicht in 0,2 mm große Quadrate 16 aufgetrennt wird, vergleichbar dem Muster in Figur

7. Der Abstand 17 der Quadrate 16 beträgt 0,1 mm. Die Verbindungslien der Quadrate im Raster 15 verlaufen unter einem Winkel 18 von 35° zur Richtung der Innenelektroden, damit jeweils benachbarte Innenelektroden durch mindestens ein Quadrat überdeckt werden.

[0029] Für das fünfte Ausführungsbeispiel, das hier nicht dargestellt ist, wird die Grundmetallisierung elektrochemisch in Form einer Nickelschicht abgeschieden. Die Nickelschicht ist etwa 2 µm dick und wird von einer ebenfalls elektrochemisch abgeschiedenen, 0,1 µm dicken Goldschicht überdeckt. Die Goldschicht verbessert die Lötfähigkeit und hat keine andere Funktion. Die Nickelschicht ist verfahrensbedingt nicht völlig geschlossen und hat eine feine netzartige Struktur, wobei Durchbrüche in der Größenordnung des Keramikkorns liegen, etwa zwischen 5 und 10 µm.

[0030] Auf die fünf Ausführungsbeispiele werden anschließend mit einem geeigneten Prozess die Außenelektroden durch ein aufgelöstes Drahtnetz vervollständigt. Als Netzwerkstoff wird ein dem thermischen Ausdehnungskoeffizienten der Keramik vergleichbarer Werkstoff, beispielsweise FeNi₃₆, verwendet. Der Drahtdurchmesser beträgt 100 µm, die Maschenweite 200 µm. Das Netz ist galvanisch vorbehandelt, beispielsweise verkupfert, um die Lötbarkeit zu verbessern. Als Lot wird SnAg₄ verwendet. Die Lötzeit beträgt 10 Minuten bei 240 °C.

[0031] Nach dem Löten ist optisch erkennbar, dass bei den Varianten 2 bis 5 der Ausführungsbeispiele das Lot die Innenelektroden auch auf den nicht mit Grundmetallisierung versehenen Flächen benetzt hat.

[0032] Die Aktoren werden gereinigt und mit einer geeigneten Lackierung isoliert. Nach dem Anlöten der Anschlussdrähte an die Elektrodennetze werden die Aktoren in Prüfframmen mit 2000 N vorgespannt und mit einem Trapezsignal angesteuert. Dabei wird die Ansteuerspannung in 100 µs von 0 V auf 200 V angehoben, 1 ms auf 200 V gehalten, und dann in 100 µs auf 0 V erniedrigt. Die Wiederholfrequenz ist 200 Hz. Die Aktoren erreichen dabei Betriebstemperaturen von 150 bis 160 °C.

[0033] Die Variante 1 zeigt bereits bei 10⁶ Zyklen eine deutliche und starke Rissbildung. Die Risse durchtrennen die Isolierzone in beliebigen Richtungen, Risse entlang der Innenelektroden sind eher selten.

[0034] Die Varianten 2 und 3 zeigen nahezu identisches Verhalten, das sich von Variante 1 deutlich unterscheidet. Bei 10⁶ Zyklen tritt eine kaum sichtbare Rissbildung auf. Bei 10⁷ Zyklen tritt Rissbildung auf. Die

Risse verlaufen alle entlang der Innenelektroden, treten etwa doppelt so häufig auf wie bei der Variante 1, sind aber deutlich schwächer ausgeprägt. Auch nach 10^8 Zyklen bleibt dieser Zustand unverändert.

[0035] Die Variante 4 zeigt das günstigste Rissverhalten. Erst ab 10^8 Zyklen tritt deutliche Rissbildung auf. Die Risse verlaufen ebenfalls alle entlang der Innenelektroden. Bei dieser Variante scheren jedoch die Quadrate des Quadrat-Rasters 16 leicht von der Keramik ab. Die Ursache lag darin, dass der Übergang zwischen Grundmetallisierung und Keramik beim Sägeprozess am Rand der Quadrate geschädigt wurde. Durch optimieren der Trennschnitte in der Grundmetallisierung kann eine Beschädigung des Keramikwerkstoffs vermieden werden. Durch geeignete Ätzverfahren kann eine Beschädigung des Keramikwerkstoffs ebenfalls vermieden werden.

[0036] Die Variante 5 zeigt ein Rissverhalten wie die Varianten 2 und 3, jedoch ist die Haftfestigkeit des Nickels auf der Keramik nicht ausreichend. Es treten nach und nach örtlich Ablösungen der Grundmetallisierung von der Keramik auf, wodurch die Funktion des Aktors bei langen Laufzeiten beeinträchtigt werden kann.

Patentansprüche

1. Außenelektroden (3, 4, 8) an piezokeramischen Vielschichtaktoren (1), bestehend aus einer auf dem Keramikwerkstoff (2) der Oberfläche des Aktors (1) aufgetragenen Schicht einer Grundmetallisierung (3), mit der mittels einer Verbindungsenschicht (8) eine Verstärkungsschicht (4) verbunden ist, an der ein Anschlussdraht (5) angelötet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schicht der Grundmetallisierung (3) durch Unterbrechungen oder Ausnehmungen (17) strukturiert (15) ist.
2. Außenelektroden nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Struktur (15) der Grundmetallisierung (3) aus einem Druckmuster einer geeigneten Terminierungspaste besteht, das mittels eines Druckverfahrens erzeugt worden ist.
3. Außenelektroden nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Struktur (15) der Grundmetallisierung (3) durch einen mechanischen, chemischen oder elektrochemischen Abtrag in einer vollflächig aufgetragenen Schicht der Grundmetallisierung (3) gebildet ist.
4. Außenelektroden nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Grundmetallisierung (3) aus einer geeigneten Terminierungspaste besteht, die die Zusammensetzung Ag_xPd_y aufweist, wobei $x + y = 1$ und $1 > x > 0$ sind, vorzugsweise aber $1 > x > 0,7$ ist.

5. Außenelektroden nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Struktur (15) der Grundmetallisierung (3) durch eine poröse elektrochemische Abscheidung eines geeigneten metallischen Werkstoffes gebildet ist.
6. Außenelektroden nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der metallische Werkstoff Nickel ist.
7. Außenelektroden nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Struktur (15) der Grundmetallisierung (3) aus über die Oberfläche des Aktors (1) angeordnete Flächen (16) besteht und dass die Flächen (16) mindestens so groß sind, dass jeweils benachbarte Innenelektroden (10) durch mindestens eine Fläche (16) miteinander verbunden sind.
8. Außenelektroden nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Struktur (15) der Grundmetallisierung (3) aus Punkten (16) besteht, dass der Durchmesser der Punkte (16) der 0,5- bis 5-fachen Dicke der Keramiklagen (2) des Aktors (1) entspricht, dass der minimale Abstand (17) der Punkte (16) ebenfalls der 0,5- bis 5-fachen Dicke der Keramiklagen (2) des Aktors (1) entspricht und dass eine durch die Punkte (16) verlaufende gerade Linie einen Winkel (18) zu dem Verlauf der Innenelektroden (10) einschließt, der etwa zwischen 10 Grad und 80 Grad, vorzugsweise zwischen 15 Grad und 40 Grad liegt.
9. Außenelektroden nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Durchmesser und der Abstand (17) der Punkte (16) der 2- bis 3-fachen Dicke der Keramiklagen (2) des Aktors (1) entsprechen.
10. Außenelektroden nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Struktur (15) der Grundmetallisierung (3) aus parallelen Linien (16) besteht, dass die Breite der Linien (16) der 0,5- bis 5-fachen Dicke der Keramiklagen (2) des Aktors (1) entspricht, dass der minimale Abstand (17) der Linien (16) ebenfalls der 0,5- bis 5-fachen Dicke der Keramiklagen (2) des Aktors (1) entspricht und dass die Linien (16) einen Winkel (18) zu dem Verlauf der Innenelektroden (10) einschließen, der etwa zwischen 10 Grad und 80 Grad, vorzugsweise zwischen 15 Grad und 40 Grad liegt.
11. Außenelektroden nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Breite und der Abstand (17) der Linien (16) der 2- bis 3-fachen Dicke der Keramiklagen (2) des Aktors (1) entsprechen.
12. Außenelektroden nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Struktur

- (15) der Grundmetallisierung (3) aus gitternetzartig angeordneten Linien (16) besteht, dass die Breite der Linien (16) der 0,5- bis 5-fachen Dicke der Keramiklagen (2) des Aktors (1) entspricht, dass der minimale Abstand (17) der Linien (16) ebenfalls der 0,5- bis 5-fachen Dicke der Keramiklagen (2) des Aktors (1) entspricht und dass die Linien (16) des Gitternetzes (15) in einem beliebigen Winkel (18) zueinander und zu dem Verlauf der Innenelektroden (10) stehen.
13. Außenelektroden nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Breite und der Abstand (17) der Linien (16) der 2- bis 3-fachen Dicke der Keramiklagen (2) des Aktors (1) entsprechen.
14. Außenelektroden nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verbindungsschicht (8) zwischen Grundmetallisierung (3) und Verstärkungsschicht (4) aus einem Lot besteht, das mindestens eines der Metalle Sn, Ag, Cu, Pb, Au, In, Ga aufweist.
15. Außenelektroden nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Lot ein zinnhaltiger Werkstoff ist, vorzugsweise SnAg₄ oder SnCu_{0,7}.
16. Außenelektroden nach einem der vorhergehenden Ansprüchen, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verbindungsschicht (8) zwischen Grundmetallisierung (3) und Verstärkungsschicht (4) ein elektrisch leitfähiger Klebstoff ist.
17. Verfahren zur Herstellung von Außenelektroden nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schicht der Grundmetallisierung durch Unterbrechungen und Ausnehmungen strukturiert wird.
18. Verfahren nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Struktur der Grundmetallisierung als Druckmuster mittels eines Druckverfahrens mit einer geeigneten Terminierungspaste erzeugt wird.
19. Verfahren nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Struktur der Grundmetallisierung durch einen mechanischen, chemischen oder elektrochemischen Abtrag in einer vollflächig aufgetragenen Schicht der Grundmetallisierung gebildet wird.
20. Verfahren nach Anspruch 18 oder 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Grundmetallisierung aus einer geeigneten Terminierungspaste erzeugt wird, die die Zusammensetzung Ag_xPd_y aufweist, wobei $x + y = 1$ und $1 > x > 0$ sind, vorzugsweise aber $1 > x > 0,7$ ist.
- 5 21. Verfahren nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Struktur der Grundmetallisierung durch eine poröse elektrochemische Abscheidung eines geeigneten metallischen Werkstoffs gebildet wird.
- 10 22. Verfahren nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** als metallischer Werkstoff Nickel verwendet wird.
- 15 23. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 22, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Struktur der Grundmetallisierung aus über die Oberfläche des Aktors verteilte Flächen gebildet wird und dass mindestens so große Flächen erzeugt werden, dass jeweils benachbarte Innenelektroden durch mindestens eine Fläche miteinander verbunden werden.
- 20 24. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verstärkungsschicht auf die Grundmetallisierung aufgelöst wird, und das das Lot mindestens eines der Metalle Sn, Ag, Cu, Pb, Au, In, Ga aufweist.
- 25 25. Verfahren nach Anspruch 24, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Lot ein zinnhaltiger Werkstoff ist, vorzugsweise SnAg₄ oder SnCu_{0,7}.
- 30 26. Verfahren nach Anspruch 24 oder 25, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch die Unterbrechungen in der Struktur der Grundmetallisierung Metall aus dem Lot in die Innenelektroden einlegiert wird und dass der Keramikwerkstoff an diesen Stellen geschwächt wird, wodurch Vorzugsstellen für mögliche Rissbildungen und den Rissverlauf gebildet werden.
- 35 40
- 45
- 50
- 55

Fig. 1

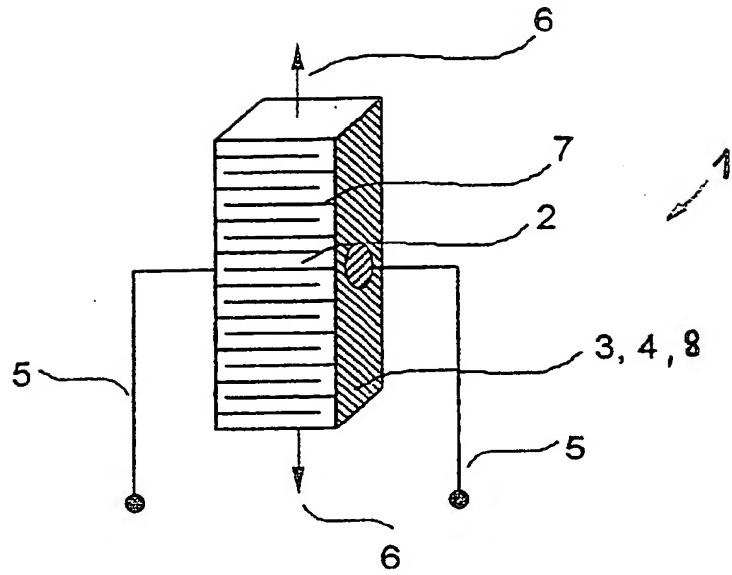


Fig. 2

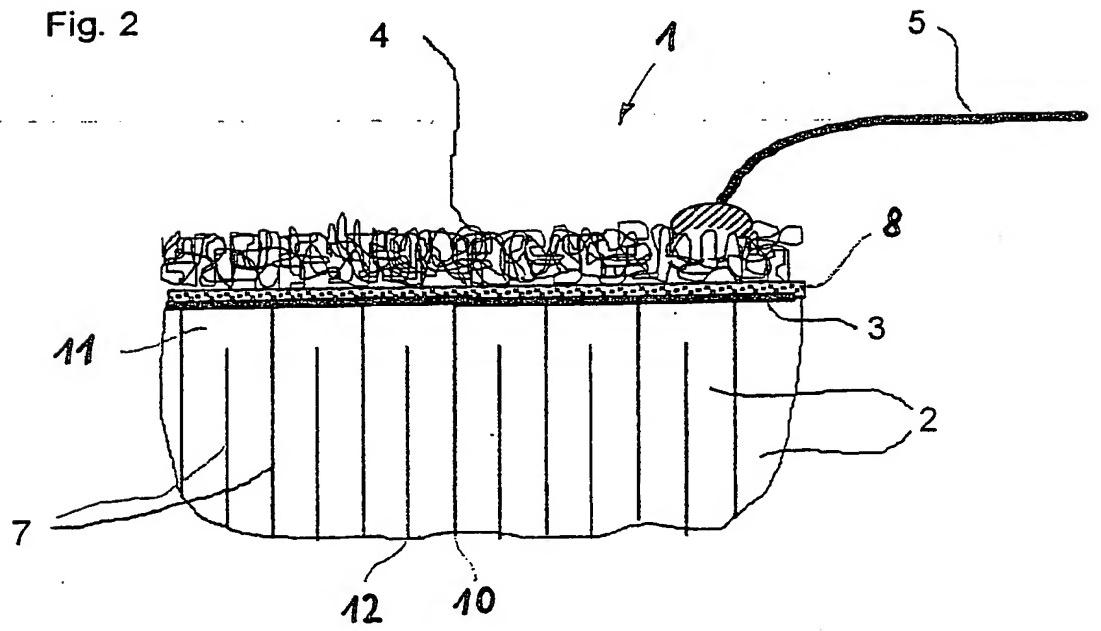


Fig. 3

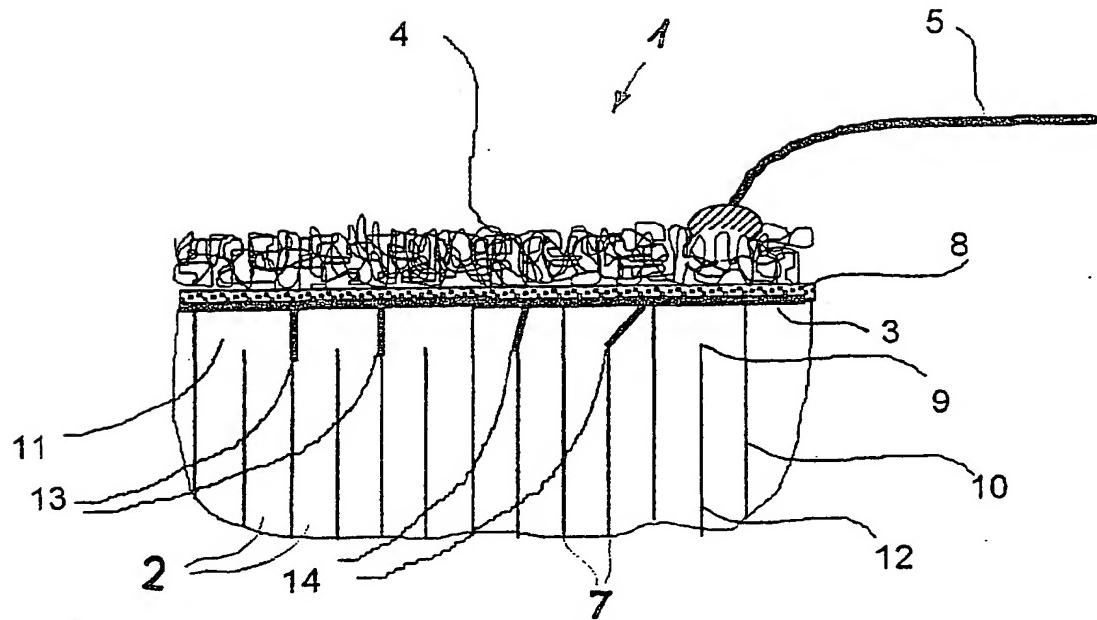


Fig. 4

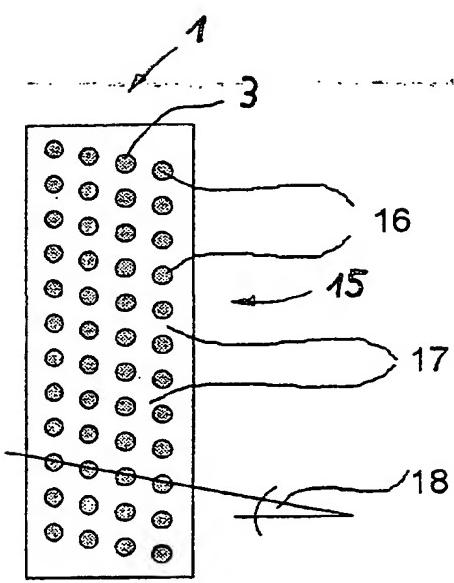


Fig. 5

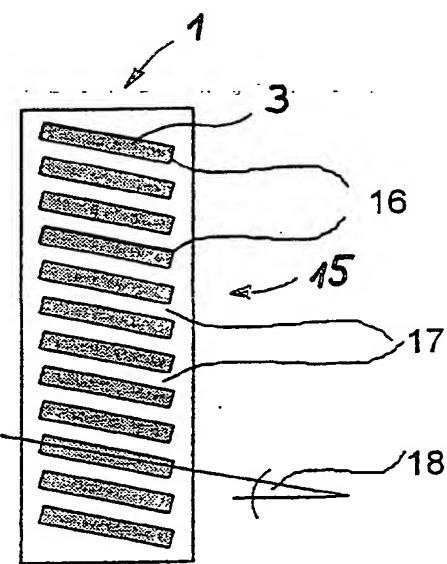


Fig. 6

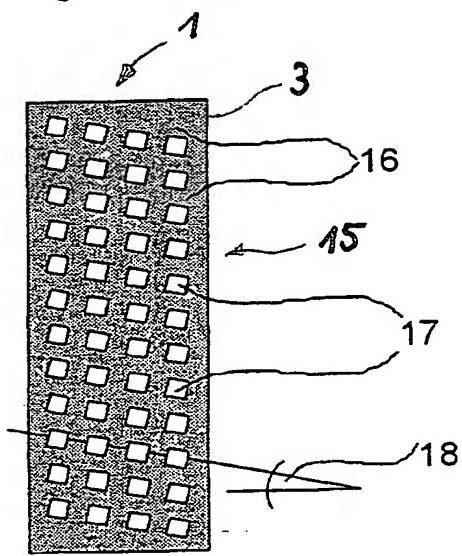
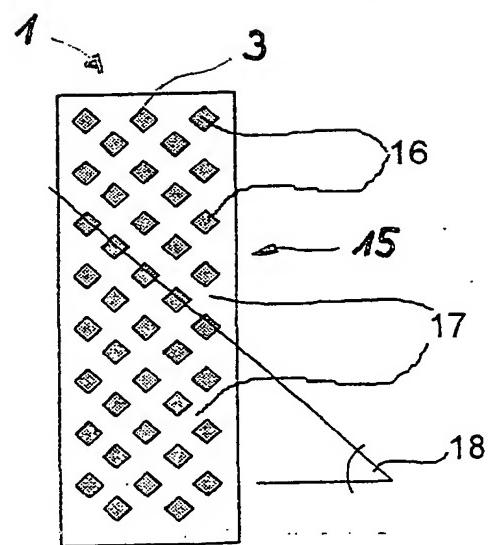


Fig. 7



(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 204 152 A3

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(88) Veröffentlichungstag A3:
02.06.2004 Patentblatt 2004/23

(51) Int Cl.7: H01L 41/047, H01L 41/083

(43) Veröffentlichungstag A2:
08.05.2002 Patentblatt 2002/19

(21) Anmeldenummer: 01126097.3

(22) Anmelddatum: 02.11.2001

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR

Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: 06.11.2000 DE 10054735
24.10.2001 DE 10152490

(71) Anmelder: CeramTec AG Innovative Ceramic
Engineering
73207 Plochingen (DE)

(72) Erfinder:

- Bindig, Reiner
95463 Bindlach (DE)
- Schreiner, Hans-Jürgen, Dr.
91233 Neunkirchen am Sand-Rollhofen (DE)

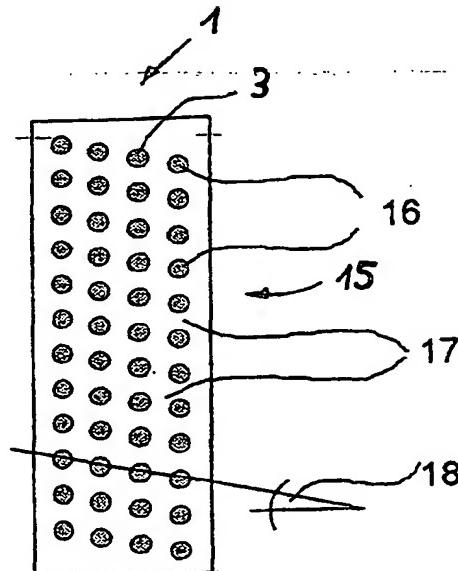
(74) Vertreter: Scherzberg, Andreas, Dr. et al
c/o Dynamit Nobel AG
-Patente, Marken & Lizenzen-
53839 Troisdorf (DE)

(54) Aussenelektroden an piezokeramischen Vielschichtaktoren

(57) Bei Außenelektroden an piezokeramischen Vielschichtaktoren, die in herkömmlicher Weise an die Vielschichtaktoren angebracht werden, wirken während des Betriebs starke Zugspannungen auf den Isolierbereich unter der Grundmetallisierung. Da dieser Isolierbereich zusammen mit der Grundmetallisierung und der Verbindungsschicht eine homogene Einheit bildet, versagt diese beim Überschreiten der Zugfestigkeit des schwächsten Gliedes und es bilden sich Risse. Die unkontrolliert durch den Isolierbereich verlaufenden Risse sind sehr kritisch, da sie den Isolationsabstand verringern und die Wahrscheinlichkeit eines Aktorausfalls durch Überschläge stark erhöhen.

Erfindungsgemäß wird deshalb vorgeschlagen, dass die Schicht der Grundmetallisierung (3) durch Unterbrechungen oder Ausnehmungen (17) strukturiert (15) ist.

Fig. 4





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 01 12 6097

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE												
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betritt Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)									
X,D	DE 199 28 178 A (BOSCH GMBH ROBERT) 10. August 2000 (2000-08-10) * Zusammenfassung; Abbildung 4 * * Spalte 3, Zeile 19 - Spalte 3, Zeile 22 *	1-7, 14-25 8-13,26	H01L41/047 H01L41/083									
A,D	DE 198 60 001 A (SIEMENS MATSUSHITA COMP OHG ;SIEMENS AG (DE)) 6. Juli 2000 (2000-07-06) * Abbildung 2 *	---	-----									
A,D	DE 39 40 619 A (AVX CORP) 13. Dezember 1990 (1990-12-13) * Abbildung 4 *	1-26	-----									
A	DE 42 24 284 A (HITACHI METALS LTD) 28. Januar 1993 (1993-01-28) * Zusammenfassung; Abbildungen 12-15 *	1-26	-----									
A	US 4 523 121 A (HAMATSUKI TAKESHIGE ET AL) 11. Juni 1985 (1985-06-11) * Zusammenfassung; Abbildungen 22-25 *	1-26	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)									
A,D	US 5 406 164 A (OKAWA YASUO ET AL) 11. April 1995 (1995-04-11) * Abbildungen 5,6 *	1-26	H01L									
A	EP 0 655 790 A (KUREHA CHEMICAL IND CO LTD) 31. Mai 1995 (1995-05-31) * Abbildungen 2-4,7 *	1-26	-----									
A	EP 0 427 901 A (BATTIELLE MEMORIAL INSTITUTE) 22. Mai 1991 (1991-05-22) * Abbildung 1 *	1-26	-----									
<p>Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt</p> <table border="1"> <tr> <td>Recherchenort MÜNCHEN</td> <td>Abschlußdatum der Recherche 8. April 2004</td> <td>Prüfer Gröger</td> </tr> <tr> <td colspan="3"> KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichttechnische Offenbarung P : Zwischenliteratur </td> </tr> <tr> <td colspan="3"> T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument </td> </tr> </table>				Recherchenort MÜNCHEN	Abschlußdatum der Recherche 8. April 2004	Prüfer Gröger	KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichttechnische Offenbarung P : Zwischenliteratur			T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument		
Recherchenort MÜNCHEN	Abschlußdatum der Recherche 8. April 2004	Prüfer Gröger										
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichttechnische Offenbarung P : Zwischenliteratur												
T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument												

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 01 12 6097

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

08-04-2004

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 19928178	A	10-08-2000	DE	19928178 A1		10-08-2000
DE 19860001	A	06-07-2000	DE	19860001 A1		06-07-2000
			FR	2787923 A1		30-06-2000
			US	6232701 B1		15-05-2001
DE 3940619	A	13-12-1990	US	4903166 A		20-02-1990
			CA	2001435 A1		09-12-1990
			DE	3940619 A1		13-12-1990
			FR	2648288 A1		14-12-1990
			GB	2232532 A ,B		12-12-1990
			JP	3011980 A		21-01-1991
DE 4224284	A	28-01-1993	JP	5029680 A		05-02-1993
			DE	4224284 A1		28-01-1993
			GB	2258084 A		27-01-1993
US 4523121	A	11-06-1985	JP	1472361 C		27-12-1988
			JP	58196068 A		15-11-1983
			JP	63017354 B		13-04-1988
			JP	1857861 C		27-07-1994
			JP	58196069 A		15-11-1983
			JP	63034636 B		11-07-1988
			JP	58196070 A		15-11-1983
			JP	58196071 A		15-11-1983
			JP	58196072 A		15-11-1983
			JP	58196073 A		15-11-1983
			JP	58196074 A		15-11-1983
			JP	1871855 C		06-09-1994
			JP	4051992 B		20-08-1992
			JP	58196075 A		15-11-1983
			JP	1944761 C		23-06-1995
			JP	6071102 B		07-09-1994
			JP	58196076 A		15-11-1983
			JP	1882024 C		10-11-1994
			JP	6005794 B		19-01-1994
			JP	58196077 A		15-11-1983
			JP	58196078 A		15-11-1983
			JP	1728730 C		29-01-1993
			JP	4009390 B		20-02-1992
			JP	58196079 A		15-11-1983
			AU	553391 B2		10-07-1986
			AU	1442283 A		17-11-1983
			CA	1206193-A1		17-06-1986
			DE	3378393 D1		08-12-1988
			EP	0094078 A2		16-11-1983

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 01 12 6097

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

08-04-2004

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4523121	A		BR KR	8302536 A 8600255 B1	17-01-1984 21-03-1986
US 5406164	A	11-04-1995	JP	6350156 A	22-12-1994
			JP	3237966 B2	10-12-2001
			JP	7050435 A	21-02-1995
EP 0655790	A	31-05-1995	JP	3270527 B2	02-04-2002
			JP	6029587 A	04-02-1994
			US	5410210 A	25-04-1995
			EP	0655790 A1	31-05-1995
			DE	69316629 D1	26-02-1998
EP 0427901	A	22-05-1991	EP	0427901 A1	22-05-1991
			DE	68926166 D1	09-05-1996
			DE	68926166 T2	12-12-1996
			ES	2087089 T3	16-07-1996
			JP	3181186 A	07-08-1991
			US	5245734 A	21-09-1993

This Page is inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT OR DRAWING
- BLURED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- GRAY SCALE DOCUMENTS
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- REPERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.
As rescanning documents *will not* correct images problems checked, please do not report the problems to the IFW Image Problem Mailbox